

平成 30 年 5 月 28 日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26282095

研究課題名(和文)自動車用予防安全基盤技術-危険警報提示・居眠り予測技術の実用化-

研究課題名(英文)Automotive Preventive Safety Technology-Practical application of tactile warning and detection of point in time with high risk of crash-

研究代表者

村田 厚生(Murata, Atsuo)

岡山大学・自然科学研究科・教授

研究者番号：10200289

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 7,800,000円

研究成果の概要(和文): 警報システムをサイドミラーの代替として認められた車内ディスプレイのハザード認識精度向上にこれまでに明らかになった触覚警報設計条件を応用した結果,特にバックミラーの位置に設置された車内ディスプレイのハザード認識精度が平均70%から95%以上に改善された。

次に,居眠り予測システムのための予測法の精度をさらに高めていくために,首屈曲角度,背圧,座圧に加え,眼球の閉眼状態が覚醒時の70%未満になった時間の頻度を表すPERCLOS70を用いて,これまでに有用性が示されたトレンド分析などの手法によって,延べ50名の被験者全てで居眠り運転リスクが高くなる時点を事前に予測することができた。

研究成果の概要(英文): As for (i) tactile warning system design, through validation experiment, design requirements that assure faster and more accurate response were identified. Moreover, this was applied to enhance the response speed and accuracy of in-vehicle display placed around a back mirror. The proposed design requirements were found to be effective for enhancing the response speed accuracy of in-vehicle display placed around a back mirror.

To develop technologies related to the objective (ii) identification of point in time with high risk of crash before a crash actually occurs, a variety of methods to identify point in time with high risk of crash before a crash actually occurs. The methods were identification making use of (a) Bayesian theorem, (b) X-bar control chart, (c) trend analysis and ARIMA. Although each proposed method had advantages and disadvantages, all method were found to be effective for identifying point in time with high risk of crash before a crash actually occurs.

研究分野：人間工学

キーワード：居眠り運転 居眠り予測システム X-bar管理図 仮想事故リスク 生理的居眠り評価指標 行動的居眠り評価指標  
トレンド分析 PERCLOS70

### 1. 研究開始当初の背景

近年、予防安全技術に対する関心が高まってきた。交通場面での情報の90%以上は視覚と聴覚によって与えられるため、警報が視覚もしくは聴覚で与えられる場合には、同種の情報同士の干渉が生じ、警報の見逃しなどによってその有効性が損なわれる可能性がある。そこで、近年視聴覚情報と干渉しない触覚警報による警報システムが注目を浴びているが、その有効活用のための設計条件は明確になっていない。また、近年、居眠り運転による交通事故の対策がますます重要視され、居眠り運転を予防するための技術開発に注目が集まっている。ドライバの瞳孔の閉じ具合等から居眠り運転を警告するシステムが提案されているが、これは居眠り状態に至るリスクの高い時点を事前に予測するものではない。居眠り運転を予防するためには、何らかの方法により、居眠り運転に至る前にこの兆候を把握して、警告する必要がある。しかしながら、現状の技術では、居眠り運転に至るリスクが高まる時点を事前に予測するための技術開発は十分には行われていない。

### 2. 研究の目的

本研究では、上記の研究背景で述べた問題点に対処し、予防安全技術により、不注意・居眠りによる自動車事故を低減することを目的として、以下の2つの技術を人間工学・安全工学の観点から実用性を重視して開発を実施した。

(1) 触覚警報によるドライバの交通場面での種々のハザードに対する反応の速さ・気づきやすさを高めることによって、安全向上に大きく寄与する。

(2) ドライバの首屈曲、座圧、背圧、ステアリングの把持圧等の評価指標に基づいて、居眠り運転に至る前にこの兆候を事前に検出する技術を開発し、居眠り運転による事故防止しより、安全向上に大きく貢献する。

### 3. 研究の方法

目的(1)と(2)に対して、以下の方法に従って、研究を実施した。

(1) 運転シミュレータを用いて、触覚警報が視覚警報、聴覚警報よりも効果を発揮しやすくなる条件を同定するための実験環境を構築し、SOA (stimulus onset asynchrony)、触覚警報の振動周波数・強度、設置位置に関する設計条件を同定した。この結果を、実際の使用環境に近い条件で検証し、触覚警報の有用性を確認する。

(2) 運転シミュレータ上で首屈曲、座圧、背圧、ステアリングの把持圧、ドライバの顔画像等を測定できるシステムを整備・開発し、これらの評価指標の時系列変化を把握し、断眠実験によって居眠り状態に至るまでの特徴を明らかにする。この結果をベイズ推定法、X-bar 管理図、トレンド分析と ARIMA モデル

によって処理し、居眠り運転を事前に把握するための手法を提案する。そして、多くの断眠実験によって、各提案手法の有効性を検証する。

### 4. 研究成果

本研究を通じて以下のような成果が得られた。

(1) 触覚警報をコックピットに実用化するための設計条件を明らかにした。

(2) 警報システムをサイドミラーの代替として認められた車内ディスプレイのハザード認識精度向上にこれまでの研究で明らかになった設計条件を応用した結果、特にバックミラーの位置に設置された車内ディスプレイのハザード認識精度が平均70%から95%以上に改善され、触覚警報が予防安全技術に貢献することが明らかになった。

(3) 行動指標のベイズ推定による居眠り運転リスクが高くなる時点を事前に予測する手法を開発し、その有効性を確認した。

(4) 行動指標の X-bar 管理図による居眠り運転リスクが高くなる時点を事前に予測する手法を開発し、その有効性を確認した。

(5) 行動指標のトレンド分析と ARIMA モデルを併用した居眠り運転リスクが高くなる時点を事前に予測する手法を開発し、その有効性を確認した。

(6) 居眠り予測システムのための予測法の精度をさらに高めていくために、これまで用いてきた首屈曲角度、背圧、座圧に加えて、眼球の閉眼状態が覚醒時の70%未満になった時間の頻度を表す PERCLOS70 を用いて、これまでが開発した(i) X-bar 管理図とベイズ推定を併用した仮想事故前の居眠り運転リスクが高くなる時点の予測方法、(ii) (B) -2: 行動指標の ARIMA モデルによる予測とトレンド分析手法を併用した仮想事故前の居眠り運転リスクが高くなる時点の予測方法を適用して、被験者全てで居眠り運転リスクが高くなる時点を事前に予測することができた。

以上の成果、特に触覚警報によるバックミラーに配置されたサイドミラー代替車内ディスプレイの有効性と事前の事故リスクの高まる時点の同定技術は、国内外で非常にインパクトの高いものであり、その実用化によって予防安全技術のさらなる進展に寄与可能である。また、本研究を通じて MIT AgeLabo の Mehler 博士らとの共同研究が開始され、Mehler 博士らの研究グループの車内の4台のカメラで撮影した画像処理技術による居眠りリスクの状態の同定精度(現状で70-80%)を当研究室の行動指標に基づく同定技術と組み合わせれば、さらに向上させることが出来る点を確認した。本研究と MIT の Mehler 博士の更なる共同を通じてより実用性の高い技術に発展させることが可能な点を確認され、現在も共同研究を継続中である。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 27 件)

1. A.MURATA and Y.KOHNO: Effectiveness of Replacement of Automotive Side Mirrors by In-vehicle LCD -Effect of Location and Size of LCD on Safety and Efficiency-, International Journal of Industrial Ergonomics, 査読あり, to appear, 2018.
2. A.MURATA and Y.URAGAMI: Prediction of Point in Time with High Risk of Crash by Integration of Bayesian Estimation of Drowsiness, Tracking Error, and Subjective Drowsiness Journal of Traffic and Transportation Engineering, 査読あり, Vol.6, pp.1-15, 2018.
3. D.KERN, W.KARWOWSKI, E.G.FRANCO, and A.MURATA: Evidence of Chaos in a Routine Watchstanding Task, Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences, accepted (to appear), 査読あり, 2018.
4. A.MURATA and D.FUKUNAGA: Extended Fitts' Model of Pointing Time in Eye-Gaze Input System -Incorporating Effects of Target Shape and Movement Direction into Modeling-, Applied Ergonomics, accepted (to appear), 査読あり, Vol.61, 2018.
5. A.MURATA: Cultural Difference and Cognitive Biases as a Trigger of Critical Crashes or Disasters -Evidence from Case Studies of Human Factors Analysis-, Journal of Behavioral and Brain Science, 査読あり, Vol.7, pp.399-415, 2017.
6. A.MURATA: Discussion on Human's Irrational Behavior to Price of Zero -Identification of Condition of Zero-Price Effect-, International Journal of Applied Behavioral Economics, 査読あり, Vol.6, No.2, pp.34-46, 2017.
7. A.MURATA, T.KURODA, and W. KARWOWSKI: Effects of Auditory and Tactile Warning on Response to Visual Hazards under a Noisy Environment, Applied Ergonomics, 査読あり, Vol.60, pp.58-67, 2017.
8. A.MURATA, K.NAITOH, and W.KARWOWSKI: A Method for Predicting the Risk of Virtual Crashes in a Simulated Driving Task Using Behavioral and Subjective Drowsiness Measures, Ergonomics, 査読あり, Vol.60, No.5, pp.714-730, 2017.
9. A.MURATA: Verification of Mile Per Gallon (MPG) Bias by Means of km per liter Representation, Psychology Research, 査読あり, Vol.6, No.6, pp.319-326, 2016.
10. A.MURATA, and Y.MATSUSHITA: Insensitivity to Unethical Behavior in Dictator Game when Indirectly Intermediated -Effect of Instruction Condition for Evaluator on Punishment to Dictator-, Journal of Behavioral and Brain Science, 査読あり, Vol.6, pp.199-208, 2016.
11. A.MURATA: Discussion on Feasibility of Removal of Cognitive Biases, Psychology Research, 査読あり, Vol.6, No.7, pp.377-395, 2016.
12. A.MURATA: Proposal of a Method to Predict Subjective Drowsiness using Physiological and Behavioral Measures, IIE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors, 査読あり, Vol.3, No.6, pp.128-140, 2016.
13. A.MURATA and T.MORINAGA: Unnoticed Unethical Behavior when Gradually Escalated -Implications for Management of Safety-, International Journal of Applied Behavioral Economics, 査読あり, Vol.5, No.2, pp.1-10, 2016.

14. A.MURATA and K.FUKUDA: Development of a Method to Predict Crash Risk using Trend Analysis of Driver Behavior Changes over Time, Traffic Injury Prevention, 査読あり, Vol.17, No.2, 114-121, 2016.
15. A.MURATA, and T.NAKAMURA: Effect of Intention on Outcome Bias in Decision Making -Implications for Safety Management-, Journal of Behavioral and Brain Science, 査読あり, Vol.5, pp.561-569, 2015.
16. A.MURATA, T.NAKAMURA, and W.KARWOWSKI: Influence of Cognitive Biases in Distorting Decision Making and Leading to Critical Unfavorable Incidents, Safety, 査読あり, Vol.1, Issue 1, pp.44-58, 2015.
17. A.MURATA: Discussion on p-value for Changing Risk Attitude between Two Prospects ( $\$Y, p$ ) and ( $\$X, 1$ ) in Both Gain and Loss Domains under Smaller p-values and  $Y \gg X$  - Reflection Effect and Condition for Reversal of Choice -, Frontiers in Psychological and Behavioral Science, 査読あり, Vol.4, Issue 4, pp.42-51, 2015.
18. A.MURATA: On non-proportionality of probability weighting function in prospect theory -Identification of condition of non-proportionality-, Frontiers in Psychological and Behavioral Science, 査読あり, Vol.4, Issue 2, pp.36-41, 2015.
19. A.MURATA: On Persistency of Endowment Effect-Relationship between Affection and Endowment Effect-, Psychology Research, 査読あり, Vol.5, No.5, pp.287-291, 2015.
20. A.MURATA: Loss Aversion Underlying Violation, Psychology Research, 査読あり, Vol.5, No.4, pp.225-231, 2015.
21. A.MURATA: On Verification of Gradual Escalation Phenomenon of Violation Behavior using an Experimental Paradigm of Diversification of Risk, Psychology Research, 査読あり, Vol.5, No.3, pp.197-204., 2015.
22. A.MURATA and K.Naitoh: Multinomial Logistic Regression Model for Predicting Driver's Drowsiness Using Only Behavioral Measures, Journal of Traffic and Transportation Engineering, 査読あり, Vol.3, No.2, pp.80-90, 2015.
23. A.MURARA: Anchoring Bias in Relationship between Objective and Subjective Probability, Psychology Research, 査読あり, Vol.4, No.12, pp.936-943, 2014.
24. A.MURARA and Y.MATSUSHITA: Hindsight Bias in Cause Analysis of Accident, Psychology Research, 査読あり, Vol.4, No.11, pp.843-851, 2014.
25. A.MURATA and K.INOUE: A Method to Measure Eye-Hand Coordination for Extracting Skilled Elements -Simultaneous Measurement of Eye-gaze and Hand Location-, Computer Technology and Application, 査読あり, Vol.5, No.2, pp.73-82, 2014.
26. A.MURATA: Basic Study on Cognitive Conformity Behavior- Effects of Group Conditions on Behavior -, Psychology Research, 査読あり, Vol.4, No.10, pp.761-769, 2014.
27. A.MURATA: Effects of Information Feedback of Task Performance on Social Loafing, Psychology Research, 査読あり, Vol.4, No.9, pp.734-741, 2014.

{ 学会発表 }( 計 28 件 )

1. T.DOI, A.MURATA, M.MORIWAKA, and T.TAKAMOTO: Effects of luminous intensity and color of LED light on ocular movement characteristics, AHFE2018, 20180718, Florida

- (USA).
2. T.DOI, A.MURATA, M.MORIWAKA, and T.OSAGAMI: Camera monitor systems as replacement of side mirror in rearward monitoring, AHFE2018, 20180718, Florida (USA).
  3. A.MURATA: Cognitive biases and distorted decision making that prevent rational and efficient sports management -Cross-cultural difference between MLB and NPB-, AHFE2018, 20180718, Florida (USA).
  4. A.MURATA and M.MORIWAKA: Effectiveness of Eye-gaze Input Method-Comparison of Speed and Accuracy among Three Eye-gaze Input Method-, AHFE2018, 20180718, Florida (USA).
  5. A.MURATA: Cross-cultural difference and cognitive biases as causes of gap in approach toward safety, AHFE2018, 20180718, Florida (USA).
  6. A.MURATA and M.MORIWAKA: Anomaly in safety management-is it constantly possible to make safety compatible with economy?, AHFE2017, 20170720, Los Angeles (USA).
  7. A.MURATA: New Approach to Decision Making (DM)-Evaluation by not choice but preference to alternatives-, AHFE2017, 20170720, Los Angeles (USA).
  8. A.MURATA, T.TAKAMOTO and M.MORIWAKA: Ocular Movement Characteristics to LED Lights with High Luminous Intensity, AHFE2016, 20160729, Florida (USA).
  9. A.MURATA, Y.OHTA and M.MORIWAKA: Multinomial Logistic Regression Model by Stepwise Method for Predicting Subjective Drowsiness Using Performance and Behavioral Measures, AHFE2016, 20160729, Florida (USA).
  10. A.MURATA, T.NAKAMURA: Irrational Behavior in Adaptation: Difference of Adaptation Process to Comfort and Discomfort Stimulus When Presented All Together or Intermittently, AHFE2016, 20160729, Florida (USA).
  11. A.MURATA, Y.MATSUSHITA and M.MORIWAKA: Effects of Price of Zero on Decision Making: An Attempt to Generalize Human's Irrational Behavior to Price of Zero, AHFE2016, 20160729, Florida (USA).
  12. A.MURATA and T.AKAZAWA: Enhancement of performance by automotive display design that applied proximity compatibility principle (PCP), HCI2015, 20150805, Los Angeles (USA).
  13. A.MURATA and K.NAITOH: An attempt to predict point in time with high risk of crash using psychological rating on drowsiness and X-Bar chart of behavioral measures, HCI2015, 20150805, Los Angeles (USA).
  14. A.MURATA, K.FUKUDA and K.YOSHIDA: An attempt to predict driver's drowsiness using trend analysis of behavioral measures, HCI2015, 20150805, Los Angeles (USA).
  15. A.MURATA, Y.OHTA and M.MORIWAKA: Primacy of immediate reward underlying violation -Basic study on safety management-, HCI2015, 20150805, Los Angeles (USA).
  16. A.MURATA and T.KURODA: Effects of auditory and tactile warning on drivers' response to hazard under noisy environment, HCI2015, 20150805, Los Angeles (USA).
  17. A.MURATA, M.MORIWAKA and D.FUKUNAGA: Effects of target shape and display location on pointing performance by eye-gaze input system -Modeling of pointing

time by extended Fitts' Law-, HCI2015, 20150805, Los Angeles (USA).

18. A.MURATA, M.MORIWAKA and Y.TAKAGISHI: Optimal scroll method for eye-gaze input system -Comparison of R-E and R-S compatibility-, HCI2015, 20150805, Los Angeles (USA).

19. A.MURATA and T.MATSUURA: Nonlinear dynamical analysis of eye movement characteristics using attractor plot and first Lyapunov exponent, HCI2015, 20150805, Los Angeles (USA).

20. A.MURATA, Y.FUJII and K.NAITOH: Multinomial logistic regression model for predicting driver's drowsiness using behavioral measures, AHFE2015, 20150728, Las Vegas (USA).

21. A.MURATA, M.MORIWAKA and Y.OHTA: Irrational properties of risk attitude in decision making, AHFE2015, 20150728, Las Vegas (USA).

22. A.MURATA, T.NAKAMURA, Y.MATSUSHITA and M.MORIWAKA: Outcome bias in decision making on punishment or reward, AHFE2015, 20150728, Las Vegas (USA).

23. A.MURATA and T.MORINAGA: Unnoticed unethical behavior in decision making when gradually escalated, AHFE2015, 20150728, Las Vegas (USA).

24. A.MURATA and H.YOSHIMURA: Statistics of a variety of cognitive biases in decision making in crucial accident analyses, AHFE2015, 20150728, Las Vegas (USA).

25. A.MURATA and T.NAKAMURA: Condition on occurrence of unethical behavior due to loss aversion in decision making, AHFE2015, 20150728, Las Vegas (USA).

26. A.MURATA, Y.MATSUSHITA and

M.MORIWAKA: Insensitivity to unethical behavior in decision making when indirectly intermediated, AHFE2015, 20150728, Las Vegas (USA).

27. A.MURATA, T.YAMAASHI, K.FUKUDA and M.MORIWAKA: Trend analysis of behavioral measures for predicting point in time of crash, AHFE2015, 20150728, Las Vegas (USA).

28. A.MURATA, I.KONISHI, M.MORIWAKA and D.FUKUNAGA: Fitts' modeling of pointing time in eye-gaze input system that takes into account the effects of target shape and display location on pointing performance, AHFE2015, 20150728, Las Vegas (USA).

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)  
なし

〔その他〕  
ホームページ  
<http://iims.sys.okayama-u.ac.jp/index.html>

#### 6. 研究組織

(1)研究代表者  
村田 厚生 (MURATA, Atsuo)  
岡山大学・大学院自然科学研究科・教授  
研究者番号: 10200289

(2)研究分担者  
なし

(3)連携研究者  
なし

(4)研究協力者  
森若 誠 (MORIWAKA, Makoto)  
岡山大学・大学院自然科学研究科・博士研究員